

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R F.1891 建议书

(05/2011)

**用于共用研究的5 850-7 075 MHz频段
固定业务中采用高空平台电台的
关口站链路的技术和操作特性**

**F 系列
固定业务**



前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

（也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

说明： 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版
2011年，日内瓦

© ITU 2011

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R F.1891*建议书

用于共用研究的5 850-7 075 MHz频段固定业务中
采用高空平台电台的关口站链路的
技术和操作特性

(2011年)

范围

本建议书提供5 850-7 075 MHz频段固定业务（FS）中采用高空平台（HAPS）电台的关口站链路的技术和操作特性，其目的是为主管部门提供有关HAPS关口站链路的信息，以便于开展与高于该频段和相邻频段内的传统FS系统和其它业务系统和网络之间的共用研究。本文亦提供关口站链路和用户链路之间关系的信息。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 2007年世界无线电通信大会（WRC-07）认识到，宜应为关口站操作的频谱选择提供更大的灵活性，以便为HAPS网络提供支持；
- b) WRC-07请求扩大研究的范围，以便为HAPS关口站链路在5 850-7 075 MHz的范围内确定频谱；
- c) HAPS关口站链路可用于支持固定和移动业务中的操作；
- d) 这一频段的HAPS关口站链路需要与固定、移动和卫星固定业务系统实现共用，并可能对诸如卫星地球探测（EESS）和射电天文这类无源业务产生影响；
- e) HAPS系统中的关口站链路数量有限，与其它用户链路相比，将需要采用性能更高的天线及更高的发射功率，这将允许使用高阶调制方法和更复杂的编码；
- f) 基于考虑到e)，HAPS关口站链路较用户链路更具频谱效率；
- g) 需要明确FS中HAPS关口站链路的技术和操作特性，以便开展与其它类型的FS系统以及5 850-7 075 MHz频段的其它业务系统和网络的共用研究，同时顾及与附近或相邻频段之间的带外发射，

认识到

- a) 第734号决议（WRC-07，修订版）考虑到宜提供足够的关口站链路，以便为HAPS操作服务；

* 拟定本建议书的目的是为支持2012年世界无线电通信大会（WRC-12）议项1.20。如WRC-12未对这一频段高空平台电台的关口站链路指定频谱，将删除本建议书。

b) 第734号决议（WRC-07，修订版）还做出决议，请ITU-R扩展研究的范围，以便为HAPS关口站链路在5 850至7 075 MHz频段内，在已经划分给固定业务的频段内确定两个80 MHz信道，同时确保对现有业务的保护，

建议

1 在分析涉及5 850-7 075 MHz频率范围的HAPS关口站链路的共用可行性时，应采用本建议书附件1中包含的HAPS关口站链路的技术和操作特性。

附件1

工作于5 850-7 075 MHz频段的固定业务高空平台电台 关口站链路的技术和操作特性

1 引言

本附件描述的HAPS系统的技术和操作特性基于HAPS有效载荷、平流层平台和网络的可实现的通用设计。

2 HAPS平台的稳定性

通过在特定平流层高度存在的低密度、稳定流动、低速和非扰动的空气气流中控制飞行，HAPS得以获得相对于地球的运动稳定性。HAPS在高度为20至25公里的平流层的一个固定位置运行。相对平衡流动的空气气流，加上先进的推进装置、推进系统、空气动力学、热动力学和材料设计，将保证飞行的稳定性和可控性，从而实现准确的位置保持及最小程度的轴旋转（俯仰、翻滚、偏离）。平流层风速的变化率完全处于平台的推进和控制系统的范围，从而可以保持理想的位置和航向。通过比空气重（HTA）和比空气轻（LTA）的平台，可实现同样程度的稳定性、高度和位置保持。

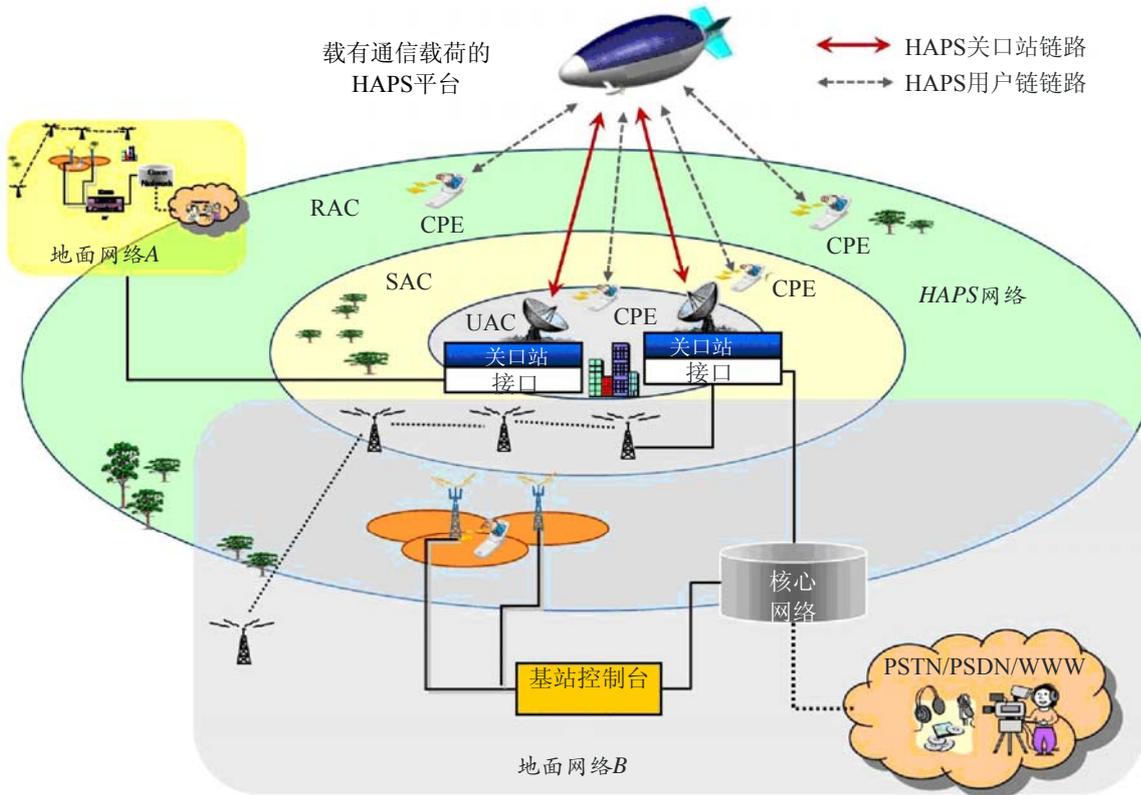
一般情况下，HAPS将会把位置保持在0.5公里的范围内，航向变化会小于 $1/2^\circ$ /小时，高度变化小于45米/小时，并且基本上不会产生轴旋转。此外，将可电子操控的聚束天线应用于HAPS及其地面电台会进一步增加关口站链路的指向性、选择性和效率，并可方便地平衡任何细微的平台运动。

3 HAPS的网络架构

HAPS可携带各式各样的无线电通信有效载荷，这些载荷可为终端用户提供高容量的宽带业务。图1显示了高能级的HAPS电信网络架构，本节及以下各节对此有更详细的介绍。在载荷和地面设备之间存在着两类链路：关口站链路和用户链路。本文仅说明拟在5 850-7 075 MHz频段操作的HAPS关口站链路的技术和操作特性。

图 1

HAPS网络配置，包括关口站链路和用户链路



F.1891-01

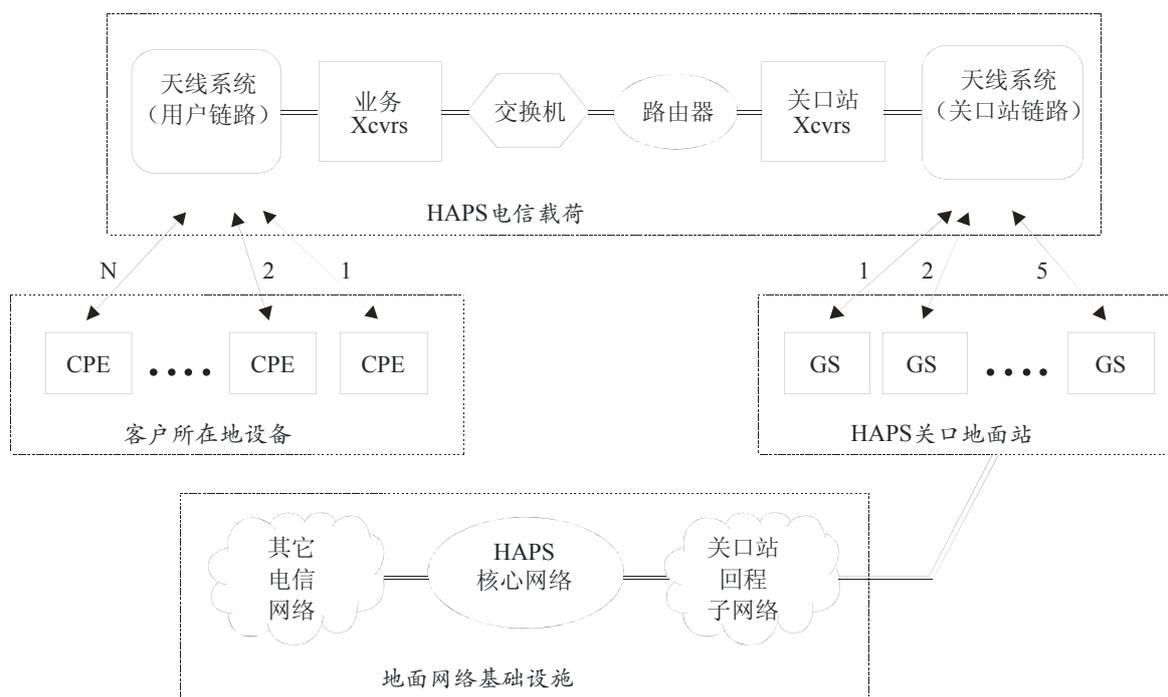
就用户链路而言，通过一种允许大量频率复用的蜂窝安排，通信在平台和地面的客户所在地设备（CPE）之间进行。CPE被认为是在三个区域之一：城区覆盖、郊区覆盖和农村覆盖（分别为UAC、SAC和RAC）¹。HAPS和CPE可与HAPS平台上的载荷直接通信，而HAPS和CPE之间的通信则通过含有一台连通用户链路的大型交换机的载荷进行交换。HAPS和CPE发送的信号被传送给HAPS平台载荷的接收部分。载荷中搭载的交换机确定链接信号的蜂窝，随后再将信号发送给将连接至其它HAPS和CPE的蜂窝。需要强调的是，用户链路按照《无线电规则》的相关条款，使用的是5 850-7 075 MHz频段以外的频谱。就关口站链路而言，通信是在5 850-7 075 MHz频段、在该平台和位于城区覆盖（UAC）的地面关口站之间建立的，后者可与其它电信网络互联互通。

HAPS电信载荷的架构包括六个基本子系统，如图2所示。

¹ 有关这些覆盖区域的详尽描述请见ITU-R F.1500建议书。

图 2

HAPS电信网络架构



F.1891-02

中央交换和路由子系统将关口站无线电收发机和天线连接至载荷的业务交付部分（天线和收发器）。业务交付子系统包含独立于HAPS关口站链路并与HAPS关口站链路完全不同的直接用户链路（HAPS-CPE）。网络管理、电信网络连接及其它核心网功能则包含在网络的**地面基础设施部分中。

为控制、整合并提供所有关口站链路至核心网络的**地面集中和连接，还需要一个回程地面子网络。在5个关口站中，每个关口站均需要每站点1 Gbit/s的基础光纤数据链接至核心网。HAPS关口站的网络拓扑结构见图1、2和3。

4 HAPS关口站链路的说明和使用

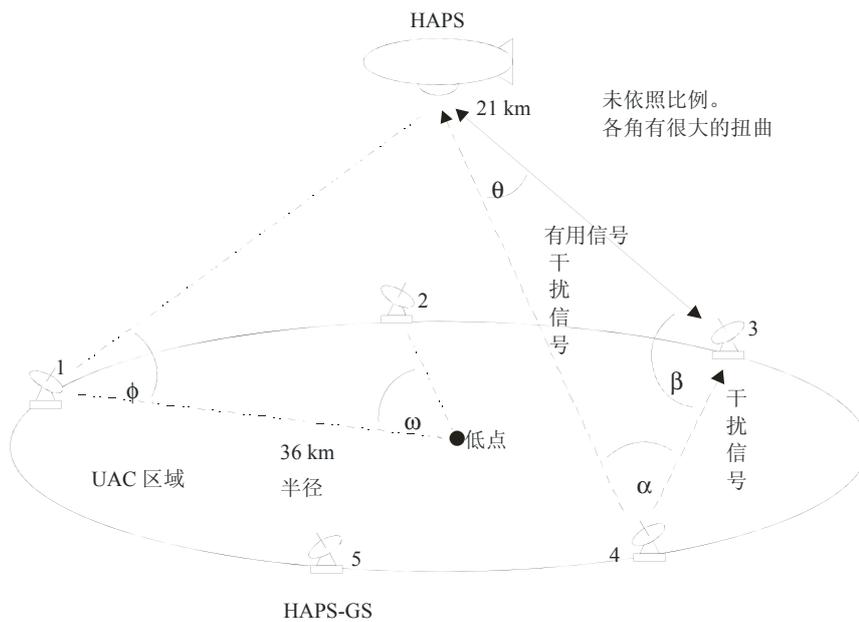
按本文件中的应用，HAPS关口站链路被定义为一个相对固定的HAPS平台和一个HAPS关口站之间的单程无线电链路。² 具体说来，HAPS关口站链路包括一条80 MHz的上行链路（地对空）和一条80 MHz的下行链路（空对地）。在每个80 MHz的带宽围内，HAPS关口站链路单向操作，其中包含语音、数据和视频通信等综合终端用户流量信息流。HAPS关口站链路中还可包含与HAPS运载工具自身相关的遥测、跟踪、指令和控制信息。每个80 MHz的HAPS关口站带宽可分为若干子信道，所有信道均可利用极化、调制和编码方法支持同一方向（空对地或地对空）的无线电链路。

² 在本建议书的范围内，“HAPS关口站链路”指在一个给定地点的HAPS地面关口站至一个HAPS平台的无线电链路，或者反之，为HAPS通信链路传送信息，其中包括遥测和遥控，并提供与其它地面电信网络之间的互联互通。

一个HAPS平台最多使用5条关口站链路为整个平台提供最大的预期流量载荷支持。为每个HAPS部署的关口站链路的数目取决于HAPS网络或系统必须在回程基础上支持的终端用户应用流量。随着实际流量的增加，可部署更多相同频率的关口站链路（视需要最多为5条）。图3说明了5条使用相同频率的关口站链路的最大地面配置，该配置复用指定用于HAPS的 2×80 MHz频谱，共用研究应采用这一配置。

HAPS平台各自应相距300至1000公里。各相关关口站为一个HAPS服务。一般而言，关口站网络不应与相邻的HAPS关口站网络重合。如图3所示，关口站网络可能位于以HAPS距地面最低点附近为中心的直径约为72公里的圆周范围内。如这个HAPS关口站（GS）配置所示，对于所显示的UAC区域，以HAPS低点为参照的高度角 Φ 是 30° 。 β 为处于有用关口站的HAPS平台和干扰关口站之间的角。 α 为处于干扰关口站的HAPS平台和有用关口站之间的角。根据特定的关口站搭配及其相关的几何方位，角 α 和 β 分别为 59.4° 或 34.6° 。 θ 为处于HAPS的该链路有用HAPS关口站和某个干扰HAPS关口站之间的角，该角为 61° 或 111° 。 ω 为处于地面最低点的任意两个关口站之间的角。表1概括了各种关口站搭配的四角（ α 、 β 、 θ 、 Φ ），表2概括了 ω 的五种可能的角。

图3
HAPS关口站配置和HAPS网络内部干扰示例



请注意，图3未按比例绘制。

表 1

HAPS关口站链路的角（度）

Φ	θ	β	α	电台搭配 ⁽¹⁾
30	61	59.4	59.4	1-2, 2-1, 2-3, 3-2, 3-4, 4-3, 4-5, 5-4, 1-5, 5-1
30	111	34.6	34.6	1-3, 3-1, 2-4, 4-2, 3-5, 5-3, 1-4, 4-1, 2-5, 5-2

⁽¹⁾ 电台搭配为X-Y，其中X为无用电台，Y为干扰电台。

表 2

地面电台的分离角（度）

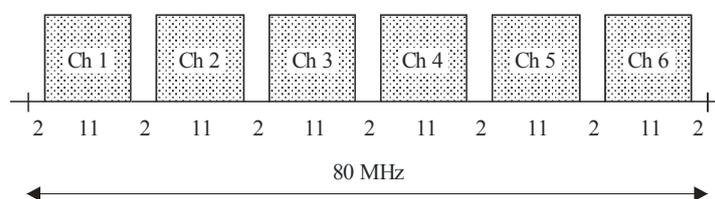
ω	电台搭配
0	1-1
72	1-2
144	1-3
216	1-4
288	1-5

5 频谱识别和信道分配

预计HAPS关口站链路的频谱识别是5 850-7 075 MHz频道中两个80 MHz的信道，³总计160 MHz。子信道化规划可将80 MHz的信道划分为6个间距均等的11 MHz的子信道，各子信道之间由2 MHz的保护频带隔开，如图4所示。也可以使用其它子信道化规划⁴，但在共用研究中，应使用图4所示的信道化规划。在各自为80 MHz的带宽中，子信道总是用来容纳同一方向的无线链路。将仅采用FDD/FDM。

图 4

上行或下行信道的HAPS信道化规划



F.1891-04

³ 见第734号决议（WRC-07，修订版）。

⁴ 例如，带有4 MHz保护频带的两个34 MHz子信道，每个子信道均为FDD。

在5 850-7 075 MHz的频率范围，在很大程度上，HAPS关口站链路的频谱位置将取决于共用这一频谱的各业务之间的相互干扰因素。HAPS载荷及地面电台的架构和设计提供了在5 850-7 075 MHz频段的任何位置操作关口站链路的灵活性。在今后具体的共用研究中，将确定HAPS频谱识别的最佳位置。

有必要指出，如图1所示，HAPS关口站链路频谱所用频段将不同于HAPS平台与其地面CPE之间每条用户链路所用的频段。

6 HAPS关口站链路的特性

表3针对一个标准的HAPS关口站链路的上行和下行链路提供了链路分析，显示了该链路使用64-QAM 2/3调制的各种参数值。有必要指出，在共用研究中，应使用这一案例（表3中的64-QAM 2/3案例）确定5 850-7 075 MHz频段的兼容性。

关口站链路预算基于一个11 MHz的子信道（加上保护频带）⁵，后者针对64-QAM 2/3对应44Nbit/s⁶的子信道比特率。高可用性和比特误差率（分别为99.999%和 10^{-9} ）对关口站链路十分重要，这样所提供的终端用户应用和业务才能享受高水平服务。该链路分析计算了天线波束中心线处的功率密度（*pdf*）和冗余。由于天线方向图特性及波束中心线偏离角的作用，*pdf*和辐射功率电平将会大幅下降。使用波束形成天线还可提供额外的相互干扰减缓。因此，就HAPS与其它系统之间的干扰而言，该链路预算分析是最坏情况下情形。

链路预算中还包括了对支持同一HAPS系统、使用相同频率的关口站链路造成的内部干扰的初步评估。对1个、3个和全部5个关口站的情形进行了评估，以确定干扰增幅及相应的冗余下降。在三种GS干扰情形中，使用了有用GS 4和无用（干扰）GS 1和2。在表3所示的64-QAM 2/3情形中，在HAPS平台和GS中均使用了高性能相控阵列天线。本附件第8节详细介绍了本链路预算使用的天线增益方向图掩模。应将这一情况用于共用研究。需指出，HAPS平台和GS所采用的相控阵列天线将降低对现有业务系统的干扰电平，并实现与这类业务更有效的共用。表3还包含晴空条件下的链路预算，0.01%的降雨率（ $R_{0.01}$ ）设定为63毫米/小时。

⁵ 一个34 MHz子信道（加保护频带）会造成相同的链路冗余。

⁶ 基于使用64-QAM调制，FDM关口站链路使用2/3编码速率。

表 3

使用 64-QAM 2/3调制的HAPS关口站链路预算分析示例

项目	UAC – 降雨	UAC – 降雨	UAC – 晴空	UAC – 晴空
	TDM 下行 (每载波)	TDM 上行 (每载波)	TDM 下行 (每载波)	TDM 上行 (每载波)
频率 (GHz) ⁽¹⁾	6.5	6.6	6.5	6.6
带宽 (MHz)	11	11	11	11
Tx 功率 (dBW)	-22	-19	-22	-19
Tx 天线增益 (dBi)	30	47	30	47
硬件执行损耗 (dB)	4.1	4.1	4.1	4.1
功率控制增益 (dB)	8.0	8.0	0.0	0.0
名义e.i.r.p. (dBW)	3.9	23.9	3.9	23.9
功率控制后的e.i.r.p. (dBW) ⁽²⁾	11.9	31.9	3.9	23.9
斜距 (km)	42.0	42.0	42.0	42.0
自由空间损耗 (dB)	141.2	141.3	141.2	141.3
大气损耗 (dB) ⁽³⁾	0.3	0.3	0.3	0.3
雨衰 (dB) (99.999% 可用性) ⁽³⁾	9.0	9.5	0.0	0.0
地面pfd (dB(W/m ² · MHz))	-111.2		-110.2	
接收机 G/T (dB/K)	17.5	0.0	17.5	0.0
Rx天线增益 (dBi)	47.0	30.0	47.0	30.0
极化损耗 (dB)	0.5	0.5	0.5	0.5
波兹曼常数 (dB(W/K*Hz))	-228.6	-228.6	-228.6	-228.6
比特率 (dB(Hz))	76.4	76.4	76.4	76.4
$E_b/(N_0 + I_0)$ ($I = 0$) (dB)	30.6	32.5	31.6	34.0
$E_b/(N_0 + I_0)$ (3 GS) (dB)	29.6	31.5	30.6	33.0
$E_b/(N_0 + I_0)$ (5 GS) (dB)	28.6	30.5	29.6	32.0
所需的 $E_b/(N_0 + I_0)$ (dB) (64-QAM)	20.3	20.3	20.3	20.3
所需的 $C/(N+I)$ $w/I = I_{tot}$ ⁽⁴⁾	26.3	26.3	26.3	26.3
冗余 ($I=0$) (dB)	10.3	12.2	11.3	13.7
冗余 (3 GS) (dB)	9.3	11.2	10.3	12.7
冗余 (5 GS) (dB)	8.3	10.2	9.3	11.7

⁽¹⁾ 表3指定的频率对应5 850-7 075 MHz频段的中心。使用这一特定（频率）并非有意偏袒ITU-R有关在5 850-7 075 MHz频段内确定HAPS关口站链路使用频率的工作。

⁽²⁾ 名义e.i.r.p.指最初的功率设置。经自动功率控制（APC），根据载波电平，TX的功率从0增至8 dB。需注意，上述e.i.r.p. 适用于UAC的范围，在UAC之外可能会有监管和/或干扰保护限值。HAPS的平台天线将不会指向UAC范围以外。

⁽³⁾ 雨衰和大气损耗见ITU-R P.618 建议书和 ITU-R SF.1395建议书各自的说明。0.01%降雨率假定63 mm/小时。

⁽⁴⁾ $C/N = (E_b/N_0) \cdot (\text{频谱效率}^{(5)})$ 。

⁽⁵⁾ 这种情况下的频谱效率为4 bit/s/Hz。

7 HAPS关口站链路容量的利用

关口站链路将提供回程连接容量，以支持向终端用户提供的业务和应用类型以及通过双向关口站链路传输的综合终端用户流量载荷。

支持最大系统用户流量预期载荷将需要至少2.67 Gbit/s⁷的总系统关口站比特率容量。⁸这将需要对当前预期用于HAPS电信系统关口站链路的5 850-7 075 MHz频段的160 MHz频谱（2 × 80 MHz或4 × 40 MHz）进行大量的频率复用。5 850-7 075 MHz频段160 MHz频谱的比特率能力为2.67 Gbit/s，为每个HAPS将使用5条频率相同的关口站链路，同时使用频谱效率为4 bit/s/Hz⁹的调制/编码方法，约17%将用于保护频带。这意味着160 MHz的频谱将会被复用多达5次，以便从该频谱的利用中获得最大的关口站链路能力。为这一频段的关口站链路设计了可获得高频谱效率的调制和编码方案（如，具备2/3编码速率的64-QAM），从而最大程度地提高每条链路的比特率能力。可用能力还须考虑潜在的单条链路故障。

最重要的是，在这一频段不需要在160 MHz之外使用更多的5 850-7 075 MHz频谱，而频谱将会被复用多达5次，从而获得非常可观的频谱复用效率。

8 天线增益方向图

下文介绍本附件提供的用于链路预算的天线辐射方向图。HAPS（地面）关口站和HAPS（机载）平台均将使用第221号决议（WRC-07，修订版）中描述的、符合该决议的相控阵列。就共用研究而言，平台和地面电台天线的峰值增益分别为30 dBi 和 47 dBi。下面介绍用于HAPS关口站和HAPS平台的天线辐射方向图掩膜等式，同时使用-25 dB的 L_N 在图5和图6中分别加以说明。该辐射方向图掩膜用于上行和下行两条链路，并基于HAPS关口站链路使用相控阵列类天线。

$$\begin{aligned}
 G(\psi) &= G_m - 3(\psi/\psi_b)^2 & \text{dBi} & \quad \text{for } 0^\circ \leq \psi \leq \psi_1 \\
 G(\psi) &= G_m + L_N & \text{dBi} & \quad \text{for } \psi_1 < \psi \leq \psi_2 \\
 G(\psi) &= X - 60 \log(\psi) & \text{dBi} & \quad \text{for } \psi_2 < \psi \leq \psi_3 \\
 G(\psi) &= L_F & \text{dBi} & \quad \text{for } \psi_3 < \psi \leq 90^\circ
 \end{aligned}$$

⁷ 比特率和信道带宽可利用信道调制互换，编码的频谱效率以比特每秒每赫兹表示。

⁸ 2.67 Gbit/s的最低要求基于64-QAM 2/3，每个HAPS的总用户容量为300万，忙时在线用户为30万（10%）。这是主要为语音用户接入、同时伴有少量互联网和数据流量的基本案例。这符合300K 厄兰的用户（非关口站）容量（使用一种阻塞率为1%的厄兰B流量模型）。

⁹ 编码速率为2/3的64-QAM调制提供4 bit/s/Hz的频谱效率。每条具备此种调制的160 MHz关口站链路将提供533 Mbit/s的比特率容量。5条相同频率的关口站链路可提供2.67 Gbit/s的总关口容量（533 Mbit/s乘5个关口站）。

其中：

$G(\psi)$ ：主波束方向 (dBi) ψ 角上的增益 (dBi)

G_m ：主瓣最大增益 (dBi)

ψ_b ：所考虑的平面上3 dB波束带宽的一半 (低于 G_m 3 dB) (度)

L_N ：相对于系统设计所要求的峰值增益的近旁瓣电平 (dB)，最大值为-25 dB

L_F ：远旁瓣电平， $G_m - 73$ dBi

$$\psi_1 = \psi_b \sqrt{-L_N/3} \quad \text{度}$$

$$\psi_2 = 3.745 \psi_b \quad \text{度}$$

$$X = G_m + L_N + 60 \log(\psi_2) \quad \text{dBi}$$

$$\psi_3 = 10^{(X-L_F)/60} \quad \text{度。}$$

3 dB 波束带宽 ($2\psi_b$) 采用下式估测：

$$(\psi_b)^2 = 7442/(10^{0.1G_m}) \quad \text{度}^2。$$

按照第221号决议 (WRC-07, 修订版) 中明确的天线辐射图掩膜, 针对这些高性能的多波束相控阵列天线采用了每十年60 dB的天线滚降因子。

图 5

47 dBi天线的HAPS关口站参考天线方向图

第221号决议参考天线方向图

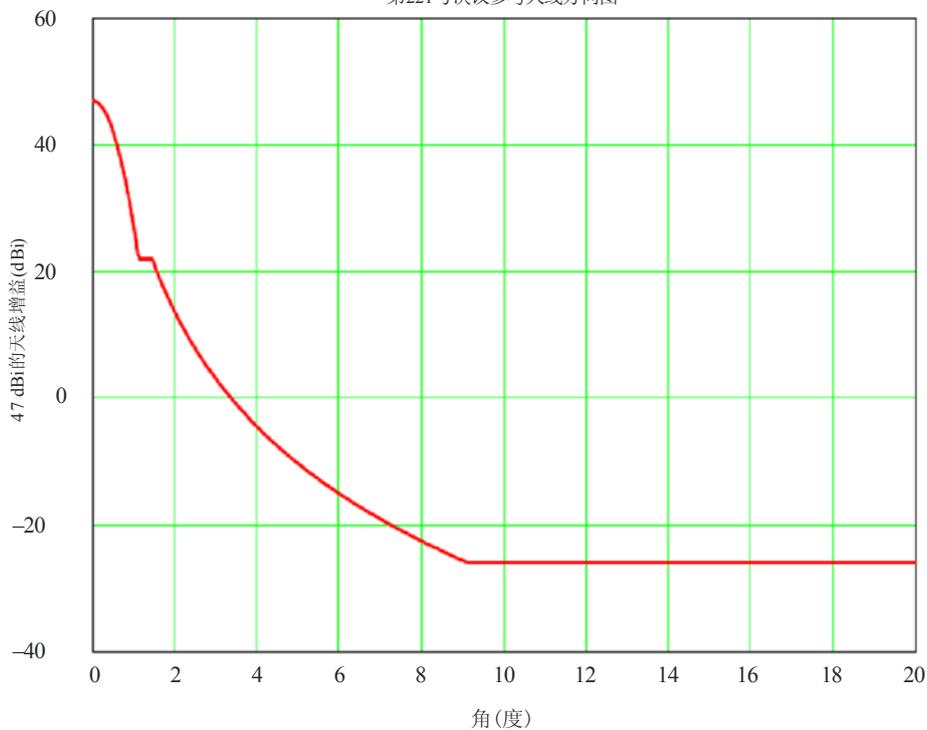
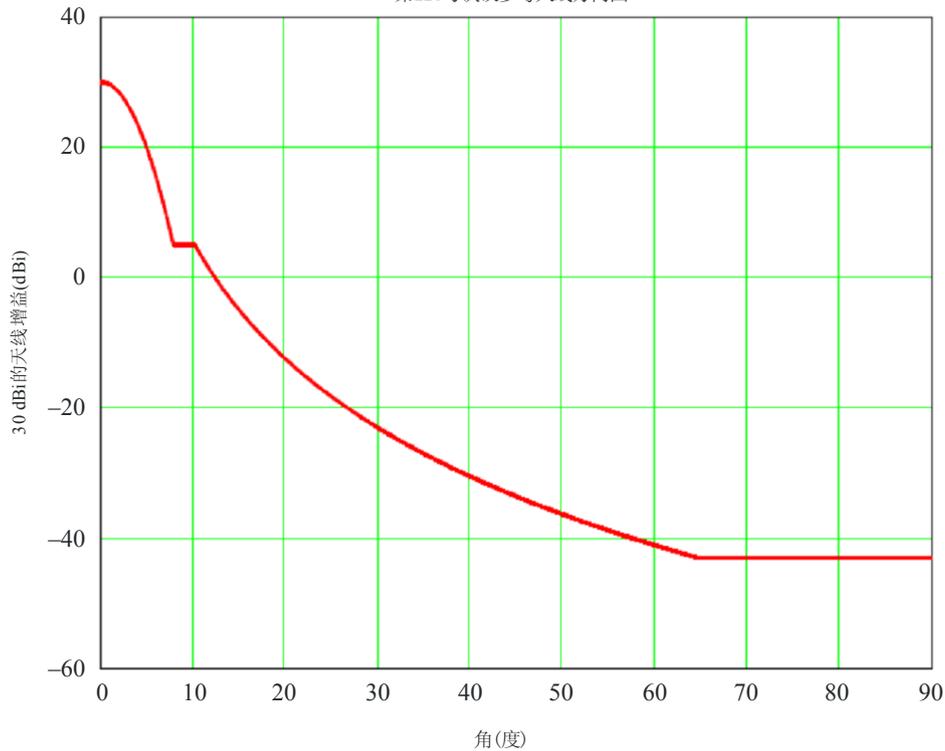


图 6

30 dBi天线的HAPS平台站参考天线方向图

第221号决议参考天线方向图



F.1891-06

9 关口站链路的自适应调制

在间歇性干扰和噪声电平较高的情况下，各关口站链路均通过自动减少调制电平采用具有容量弹性的自适应调制。每条关口站链路均可独立于每条其它关口站链路并根据各自接收到的 $C/(N + I_{TOT})$ 电平调整其调制电平。表4显示为维持特定关口站调制电平所需的 $C/(N + I_{TOT})$ ，以及指定关口站链路频谱的可用单链路容量。5条关口站链路分别复用相同的160 MHz 频谱。

短期 C/I_{EX} 小于12 dB不应超过0.001%的时间，长期 C/I_{EX} 小于27 dB不应超过20%的时间。 $C/I_{EX} = 12$ dB对应可将每个HAPS关口站容量减少一半（50%）的1/2编码16-QAM，如图7所示。

自适应调制是一种广泛应用于通信系统的标准技术，这一技术可对那些经历某种程度或长或短的间歇性阻塞的信道进行优化，并获得通信的可用性和性能。当发生较高的噪音和/或干扰时，自适应调制使链路得以保持低一些的通信水平，而在缺少自适应调制的情况下，链路将无法在低于操作该链路所需的特定最低 $C/(N + I_{TOT})$ 以下在其唯一标示的调制电平上运行。

表 4
与关口站容量相对应的调制和编码

关口站 链路调制	关口站 链路编码	所需的 $C/(N + I_{ToT})^{(1)}$ dB	一个关口站的 容量 ⁽²⁾ Mbit/s	关口站容量 ~ - %	频谱效率 bit/s/Hz
64-QAM	2/3	26.3	533	100	4
16-QAM	3/4	20.2	396	75	3
16-QAM	1/2	11.9	267	50	2
QPSK	1/2	4.5	133	25	1

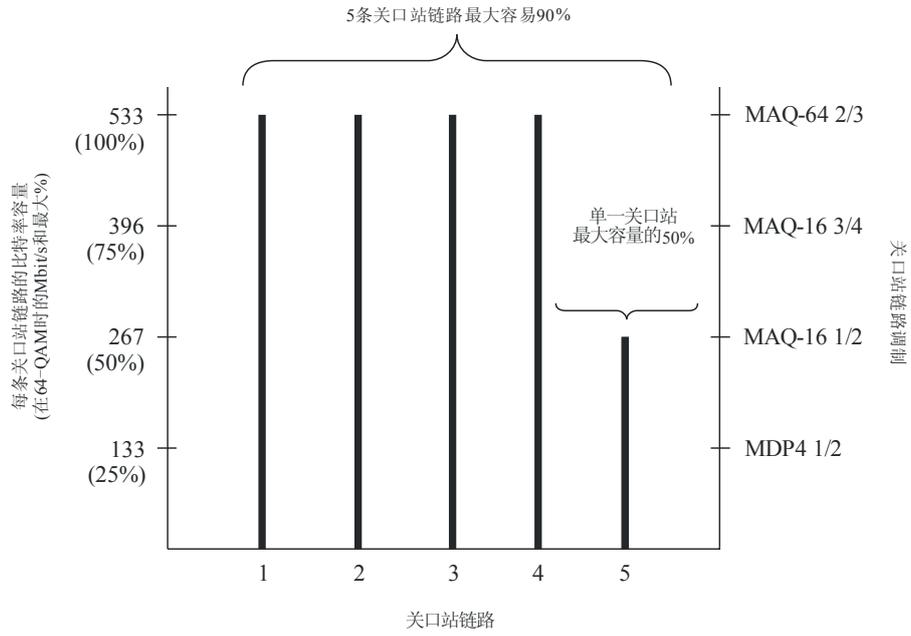
- (1) $I_{ToT} = I_{nGW} + I_{EX}$.
 I_{nGW} = 来自其它 $n - 1$ 关口站的自我干扰。
 根据HAPS关口站的数目, n 等于 1 到 5。
 I_{EX} = 来自非HAPS地球站和机载平台的外部干扰。
 $I_{EX} = I_{ES} + I_{AS}$ = 地球站干扰 + 机载电台干扰。

- (2) 5条关口站链路中每一条链路的容量。
 ~ 与64-QAM 2/3的情况相比较。

在5个对称分布的关口站链路的基本案例中, 如表4所示, 一条关口站链路的实际 $C/(N + I_{ToT})$ 可降至低于其所需要的64-QAM量达14 dB, 通过在16-QAM 1/2水平上操作, 仍可维持其容量的50%。在这种情况下, 即使一个关口站暂时以50%的容量操作, 而其它4个关口站以全部容量操作, 5个关口站的总关口容量实际上将达到全部容量的90%。图7说明了此种调制和容量自适应调制。如果5条关口站链路中有2条暂时以25%的容量(QPSK 1/2)操作, 则5条关口站链路的总容量将以70%的总容量操作。此外, 当五条链路中有一条链路无论出于何种原因完全丧失其容量(100%), 而其它4条链路仍保持最大容量, 这时的总链路容量仍将达到总容量的80%。假如在忙时此种容量下降未出现, 则不必在该时间段内动用全部容量。但假如在忙时间歇性地出现这种情况, 则受到影响的特定关口站链路将不得不将服务水平降低到与下降容量相对应的等级, 直到关口站链路恢复至较高的容量。¹⁰

¹⁰ 忙时出现的比率估算为24小时内平均占总时间的约15%。全天任何时间的最低流量水平估算为总容量的20%。

图 7
关口站链路调制和容量自适应调制示例



F.1891-07